

PATENT
81788.0263

Express Mail Label No. EV 324 111 256 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

TANAKA, et al.

Serial No: Not Assigned

Filed: November 26, 2003

For: Semiconductor Laser Element,
Method of Fabrication Thereof,
and Multi-Wavelength Monolithic
Semiconductor Laser Device

Art Unit: Not Assigned

Examiner: Not Assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

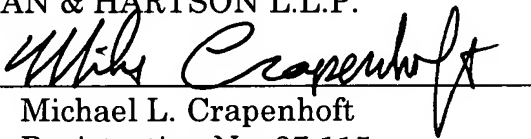
Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2002-349033, which was filed November 29, 2002, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P.

Date: November 26, 2003

By: 
Michael L. Crapenhof
Registration No. 37,115
Attorney for Applicant(s)

500 South Grand Avenue, Suite 1900
Los Angeles, California 90071
Telephone: 213-337-6700
Facsimile: 213-337-6701

日 本 国 特 許 庁
JAPAN. PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 9 日
Date of Application:

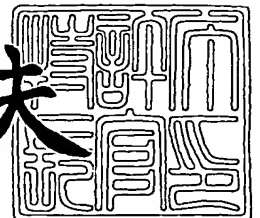
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 9 0 3 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 4 9 0 3 3]

出 願 人 株 式 会 社 東 芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 1 5 5 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 13948701

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明の名称】 半導体レーザ素子、その製造方法、および多波長集積化半導体レーザ装置

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 田 中 明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 塩 澤 秀 夫

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 渡 邊 実

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 玄 永 康 一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 田 中 宏 和

【特許出願人】

【識別番号】 000003078
【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100075812
【弁理士】
【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889
【弁理士】
【氏名又は名称】 橋 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991
【弁理士】
【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921
【弁理士】
【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263
【弁理士】
【氏名又は名称】 川 崎 康

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書・1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子、その製造方法、および多波長集積化半導体レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板上に形成された第 1 導電型クラッド層と、
前記第 1 導電型クラッド層上に形成され電流注入により光を放射する活性層と、
前記活性層上に形成された第 1 の第 2 導電型クラッド層と、
前記第 1 の第 2 導電型クラッド層上に第 1 方向に沿って形成された帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層であって、前記第 1 方向と垂直な方向における切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ 2 つの側辺とを有し最小幅が最大幅の 70%以上 100%以下の形状、である帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層と、
を備え、所定の出力領域で自励発振を行うことを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】

前記帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層の前記切断面は、
前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも狭く、前記側辺が前記上辺から前記下辺にまで外側に広がるように立ち下がる形状、
前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも狭く、前記側辺が、前記上辺から前記下辺側に向けてほぼ垂直に立ち下がる上側辺部と、この上側辺部から前記下辺に向かう下側辺部と、を有する形状、
前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも狭く、前記側辺が、前記上辺から前記下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部と、この上側辺部から前記下辺に向かう下側辺部と、を有する形状、
のいずれかの形状であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 3】

前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の前記切断面は、
前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも広く、前記側辺が前記上辺から前記下辺まで内側に狭まるように立ち下がる形状、
前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも広く、前記側辺が、前記上辺から前記下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部と、この上側辺部から前記下辺に向かう下側辺部と、を有する形状、
のいずれかの形状であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】

前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の前記切断面は、
前記上辺の幅と前記下辺の幅とが等しく、前記側辺が、前記上辺から前記下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部と、この上側辺部から前記下辺に向かう下側辺部と、を有する形状であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】

前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の前記下辺の幅が $3.0\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】

前記活性層が、厚さ 20nm 以上 60nm 以下の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) からなることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】

前記帯状の第2の第2導電型クラッド層が $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq x \leq 1$) からなることを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ素子。

【請求項8】

前記活性層が、厚さ 4nm 以上 8nm 以下の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) からなる井戸層と、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-v}\text{Al}_v)_{0.5}\text{P}$ ($0.2 < v \leq 0.6$) からなる障壁層と、を交互に5回以上9回以

下積層した多重量子井戸構造の活性層であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項9】

前記帯状の第2の第2導電型半導体層の前記側辺と、前記下辺と、の角度が、前記帯状の第2の第2導電型半導体層の上側の少なくとも60%以上の部分で、70°以上100°以下であることを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項10】

所定の出力領域で自励発振を行う半導体レーザ素子の製造方法であって、
基板上に第1導電型クラッド層を形成する工程と、
前記第1導電型クラッド層上に活性層を形成する工程と、
前記活性層上に第1の第2導電型クラッド層を形成する工程と、
前記第1の第2導電型クラッド層上に第2の第2導電型クラッド層を形成する工程と、
前記第2の第2導電型クラッド層上に帯状の酸化膜を形成する工程と、
前記酸化膜をマスクとして前記第2の第2導電型クラッド層をエッチングして帯状の第2の第2導電型クラッド層を形成する工程であって、前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の上側の少なくとも60%以上の上側部分をドライエッチングにより形成し、前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の切断面が、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ2つの側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上であり、前記下辺と前記上側部分の前記側辺との角度が70°以上100°以下である、工程と、
を備えることを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項11】

同一の基板を用いて形成された、AlGaAs系の半導体レーザ素子と、InGaAlP系の半導体レーザ素子と、を備える多波長集積化半導体レーザ装置であって、

前記AlGaAs系の半導体レーザ素子は、
第1導電型クラッド層と、

前記第1導電型クラッド層上に形成され $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) を含み電流注入により光を放射する活性層と、

前記活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、

前記第1の第2導電型クラッド層上に帯状に形成され $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq x \leq 1$) からなる帯状の第2の第2導電型クラッド層であって、切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状、である帯状の第2の第2導電型クラッド層と、

を有する半導体レーザ素子であり、

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子は、

第1導電型クラッド層と、

前記第1導電型クラッド層上に形成され $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) を含む活性層と、

前記活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、

前記第1の第2導電型クラッド層上に帯状に形成され前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記帯状の第2の第2導電型クラッド層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなる帯状の第2の第2導電型クラッド層であって、切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状、である帯状の第2の第2導電型クラッド層と、

を有し、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子とは異なる波長の光を放射する半導体レーザ素子である、

ことを特徴とする多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項12】

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子および前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の前記切断面は、前記上辺の幅が前記下辺の幅よりも狭く、前記側辺が前記上辺から前記下辺まで外側に広がるように立ち下がる形状であることを特徴とする請求項11記載の半導体レーザ素子。

【請求項 13】

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層の前記下辺の幅が $3.0\ \mu\text{m}$ 以上であり、

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層の前記下辺の幅が $3.0\ \mu\text{m}$ 以上であり、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子および前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子が、所定の出力領域で自励発振を行うことを特徴とする請求項 11 または請求項 12 記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 14】

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記活性層が、厚さ $20\ \text{nm}$ 以上 $60\ \text{nm}$ 以下の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) からなることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 13 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 15】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記活性層が、厚さ $4\ \text{nm}$ 以上 $8\ \text{nm}$ 以下の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) からなる井戸層と、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-v}\text{Al}_v)_{0.5}\text{P}$ ($0.2 < v \leq 0.6$) からなる障壁層と、を交互に 5 回以上 9 回以下積層した多重量子井戸構造の活性層であることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 13 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 16】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記第 1 の第 2 導電型クラッド層が、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-t}\text{Al}_t)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq t \leq 1$) からなり、厚さが $0.15\ \mu\text{m}$ 以上 $0.45\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記第 1 の第 2 導電型クラッド層が、前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記第 1 の第 2 導電型クラッド層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなり、厚さが $0.15\ \mu\text{m}$ 以上 $0.45\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 15 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 17】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子が、前記帯状の第 2 の第 2 導電型半導体層を挟んでその両側に $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-w}\text{Al}_w)_{0.5}\text{P}$ ($0.7 \leq w \leq 1.0$) からなる電流阻止層をさらに備え、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子が、前記帯状の第 2 の第 2 導電型半導体層を挟んでその両側に前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記電流阻止層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなる電流阻止層をさらに備えることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 16 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 18】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子と、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子と、の少なくとも一方の半導体レーザ素子が、前記帯状の第 2 の第 2 導電型半導体層を挟んでその両側に誘電体絶縁膜をさらに備えることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 17 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【請求項 19】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子と、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子と、の少なくとも一方の半導体レーザ素子において、一方側の端面から他方側の端面まで帯状に形成された前記帯状の第 2 の第 2 導電型半導体層の前記下辺の幅が、中央部分では広がっているのに対し、端面近傍では狭くなっており、端面近傍での広さが $5.0 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 11 乃至請求項 18 のいずれかに記載の多波長集積化半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体レーザ素子、その製造方法、および多波長集積化半導体レーザ装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近時、DVD (Digital Versatile Disk) 用の波長 6

50 nm帯の半導体レーザと、CD-ROM用の波長780 nm帯の半導体レーザと、の組み合わせによる集積光学ユニットの開発が盛んに行われている。そして、これらを同一基板上に集積化した2波長集積化半導体レーザ装置の開発も行われている。この2波長集積化半導体レーザ装置をCDおよびDVDに用いるためには、縦マルチモード化によりノイズを低減する必要がある。このマルチモードを得るために、外部に発振回路を設ける方法も行われてきた。しかし、近時では、例えば特開平6-13709に記載されているように、外部の発振回路ではなく、自励発振によりマルチモードが得られるようにした自励発振レーザの開発が行われている。

【0003】

図6は、自励発振可能な2波長集積化半導体レーザ装置Bの従来例を示したものである。図中左側のレーザ素子Cは活性層3がAlGaAs系材料からなるCD用の素子、図中右側のレーザ素子Dは活性層24がInGaAlP系材料からなるDVD用の素子、である。

【0004】

図中左側のCD用のレーザ素子Cは、n型GaAs基板1上に、Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなるn型クラッド層2、Al_{0.12}Ga_{0.88}Asからなる活性層3、Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる第1のp型クラッド層4が順次形成されている。この第1のp型クラッド層4上の一部には、Al_{0.4}Ga_{0.6}Asからなる帯状（リッジ状）の第2のp型クラッド層5が形成されている。このリッジ状の第2のp型クラッド層（リッジ部分）5の切断面は、図6に示すように、上辺の幅が狭く下辺の幅が広い四辺形である。このリッジ部分5は、活性層3に有効に光を閉じ込めるために、厚さを1 μm設けている。また、高次モードの発生を防止するために、幅は約4 μm以下にしている。このリッジ部分5上には、GaAsからなるp型コンタクト層6が形成されている。

【0005】

一方、図中右側のDVD用のレーザ素子Dは、同一のn型GaAs基板1上に、n型GaAsからなるバッファ層21、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなるn型クラッド層22、In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})

0.5Pからなるn側ガイド層23、InGaP/InGaAlPのMQW (Multiple Quantum Well) 構造 (多重量子井戸構造) からなる活性層24、In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}Pからなるp側ガイド層25、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなる第1のp型クラッド層26、p型In_{0.5}Ga_{0.5}Pからなるエッチングストップ層27、が順次形成されている。このエッチングストップ層27上の一部には、p型In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなるリッジ状の第2のp型クラッド層28が形成されている。このリッジ状の第2のp型クラッド層28は、活性層24に有効に光を閉じ込めるために、Al組成を0.7と高くして、バンドギャップを広くしている。また、活性層24に有効に光を閉じ込めるために厚さを1μm設けている。また、高次モードの発生を防止するために、下辺の幅は約4μm以下にしている。このリッジ状の第2のp型クラッド層28上には、GaAsからなるp型コンタクト層30が形成されている。

【0006】

図6の左右それぞれの素子C、Dのリッジ部分5、28の両側は、SiO₂膜29C、29Dで覆われる。また、それぞれの素子C、Dの上下には、p側電極42、n側電極41が形成され、両素子C、Dの間には分離溝43が形成されている。このn側電極41、p側電極42から、それぞれの素子C、Dの活性層3、24に電流が注入される。そして、図中左側のCD用の半導体レーザ素子Cの活性層3付近から780nm帯のレーザ光が、図中右側のDVD用の半導体レーザ素子Dの活性層24付近から650nm帯のレーザ光が、それぞれ放射される。

【0007】

図6の装置Bの製造方法を簡単に説明すれば、以下のとおりである。まず、n型GaAs基板1上の全面に、AlGaAs系材料からなる積層体2～6を成長する。次に、n型GaAs基板1の途中に達するまで、図中点線で区切られた部分を、エッチングする。次に、エッチングした部分に、2回目の結晶成長により、InGaAlP系材料からなる積層体21～28、30を成長する。次に、1回目の結晶成長 (左側)、2回目の結晶成長 (右側)、のそれぞれの領域にスト

ライブ状（帯状）に酸化膜を形成する。そして、エッチングにより、左右のリッジ導波路 5、6、28、30 をそれぞれ別々に形成する。その後、リッジ導波路 5、6、28、30 上の酸化膜を除去し、p 側電極 42、n 側電極 41、分離溝 43 を形成し、 SiO_2 膜 29C、29D を形成して、図 6 の 2 波長集積化半導体レーザ装置 B を得ることができる。

【0008】

上記の製造方法の特徴は、エッチングによりリッジ部分 5、28 を形成する際に、ウェットエッチングを用いる点である。このウェットエッチングを用いると、ドライエッチングを用いる場合に比べ、リッジ部分 5、28 の結晶にダメージを与えない。このウェットエッチングを用いると、リッジ部分 5、28 の側面に (111) A 面が露出し、リッジ部分 5、28 は上辺の幅が狭く下辺の幅が広い四辺形になる。図 6 の装置では、リッジ部分 5、28 の形状は、下辺の幅を約 $3\ \mu\text{m}$ 、厚さ（高さ）を約 $1\ \mu\text{m}$ とすれば、上辺の幅は約 $1\ \mu\text{m}$ となる。つまり、下辺の幅に対する上辺の幅の割合は約 35% となる。

【0009】

【特許文献】

特開平 6-13709 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

従来の自励発振レーザでは、自励発振を得やすくするために、活性層 3、24 を厚くしていた。また、リッジ部分 5、28 を、図 6 に示すように、下辺の幅に比べて上辺の幅が狭くなる形状にしていた。しかし、このように活性層 3、24 の厚さおよびリッジ部分 5、28 の形状を工夫していたにもかかわらず、自励発振が得られる出力の上限は、4.5 mW 程度であった。また、下限は、素子によるばらつきがあるが、3 mW 程度であった。つまり、従来の自励発振レーザでは、3～4.5 mW 程度の出力領域でしか、自励発振が得られなかった。

【0011】

すなわち、自励発振は、上記の特開平 6-13709 号公報の [0007] に記載されているように、レーザ光の出力が低く、活性層 3、24 が過飽和吸収体

として働く場合に起こる。つまり、活性層 3、24 において吸収が利得を上回る場合に自励発振は起こりやすくなる。そこで、図 6 のレーザ装置 B では、自励発振を起こりやすくするために、活性層 3、24 を厚くしている。活性層 3、24 を厚くすると、活性層 3、24 への光閉じ込めが強くなり、活性層 3、24 が吸収体として働きやすくなって、自励発振が起こりやすくなる。具体的には、図中左側の CD 用レーザでは、活性層 3 の厚さは 20 nm 以上である。また、図中右側の DVD 用レーザでは、活性層 24 の井戸層の合計の厚さは 20 nm 以上である。これに対し、高出力レーザでは、高出力が得られるようにするため、活性層を薄くして、活性層への光閉じ込めを弱くしている。

【0012】

また、図 6 のレーザ装置では、リッジ部分 3、28 を、下辺の幅に比べて上辺の幅が 50 % 以下になる形状にしている。そして、上辺の幅を狭くすることで、活性層 3、24 への電流注入を絞り込み、活性層 3、24 の発光領域をリッジ部分 5、28 下の中央部分に限定して、活性層 3、24 における利得が高い部分の面積を減らしている。これは、従来は、活性層 3、24 において、利得が高い部分の面積を減らして吸収が起こる部分の面積を増やすことで、活性層 3、24 の吸収が起こりやすくなり、自励発振が起こりやすくなると考えられていたからである。また、ウェットエッチングを用いることで、上辺の幅が狭い形状のリッジ部分 5、28 を、容易に形成できるからである。

【0013】

以上のように、従来の自励発振レーザ装置は、活性層 3、24 の厚さおよびリッジ部分 5、28 の形状を工夫していた。しかし、自励発振が得られる出力領域の上限は、4.5 mW 程度が限界であった。もっとも、これは上記の自励発振のメカニズムに起因することであり、仕方がないことであると考えられていた。

【0014】

しかしながら、本発明者は、上述のような従来の自励発振レーザよりも高出力まで自励発振が得られ、広い出力範囲で自励発振が起こる自励発振レーザを得るべく各種の実験を行っていた。その結果、従来の技術常識に反し、リッジ部分 3、24 の形状を、上辺の幅が下辺の幅の 70 % 以上になる形状とし、従来よりも

上辺の幅を広くすることで、高出力まで自励発振が得られることを独自に知得した。

【0015】

本発明は、かかる課題の認識に基づくもので、その目的は、高出力まで自励発振が得られ、広い出力範囲で自励発振が得られる半導体レーザ素子、その製造方法、および多波長集積化半導体レーザ装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、基板と、前記基板上に形成された第1導電型クラッド層と、前記第1導電型クラッド層上に形成され電流注入により光を放射する活性層と、前記活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、前記第1の第2導電型クラッド層上に第1方向に沿って形成された帯状の第2の第2導電型クラッド層であって、前記第1方向と垂直な方向における切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ2つの側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状、である帯状の第2の第2導電型クラッド層と、を備え、所定の出力領域で自励発振を行うことを特徴とする。

【0017】

また、本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、所定の出力領域で自励発振を行う半導体レーザ素子の製造方法であって、基板上に第1導電型クラッド層を形成する工程と、前記第1導電型クラッド層上に活性層を形成する工程と、前記活性層上に第1の第2導電型クラッド層を形成する工程と、前記第1の第2導電型クラッド層上に第2の第2導電型クラッド層を形成する工程と、前記第2の第2導電型クラッド層上に帯状の酸化膜を形成する工程と、前記酸化膜をマスクとして前記第2の第2導電型クラッド層をエッチングして帯状の第2の第2導電型クラッド層を形成する工程であって、前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の上側の少なくとも60%以上の上側部分をドライエッチングにより形成し、前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の切断面が、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ2つの側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上であり、前記上側部分の前記側辺と前記下辺との角度が70°以上100°以下である、工程と、

を備えることを特徴とする。

【0018】

また、本発明の多波長集積化半導体レーザ装置は、同一の基板を用いて形成された、 AlGaAs 系の半導体レーザ素子と、 InGaAlP 系の半導体レーザ素子と、を備える多波長集積化半導体レーザ装置であって、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子は、第1導電型クラッド層と、前記第1導電型クラッド層上に形成され $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) を含み電流注入により光を放射する活性層と、前記活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、前記第1の第2導電型クラッド層上に帯状に形成され $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq x \leq 1$) からなる帯状の第2の第2導電型クラッド層であって、切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状、である帯状の第2の第2導電型クラッド層と、を有する半導体レーザ素子であり、前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子は、第1導電型クラッド層と、前記第1導電型クラッド層上に形成され $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) を含む活性層と、前記活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、前記第1の第2導電型クラッド層上に帯状に形成され前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記帯状の第2の第2導電型クラッド層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなる帯状の第2の第2導電型クラッド層であって、切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状、である帯状の第2の第2導電型クラッド層と、を有し、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子とは異なる波長の光を放射する半導体レーザ素子である、ことを特徴とする。

【0019】

なお、本明細書では、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-j}\text{Al}_j)_{0.5}\text{P}$ という表記は、 $\text{In}_b(\text{Ga}_{1-j}\text{Al}_j)_{1-b}\text{P}$ ($0.45 \leq b < 0.55$) を含むものとする。すなわち、一般に、 $\text{In}_b(\text{Ga}_{1-j}\text{Al}_j)_{1-b}\text{P}$ は、 In 組成比 b を約0.5とすることで GaAs 基板と格子定数がほぼ整合することが知られている。そして、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-j}\text{Al}_j)_{0.5}\text{P}$ という表記は、 G

a A s 基板とはほぼ格子整合する I n G a A l P 系材料という意味で用いられることが多い。そこで、本明細書でも $I n_{0.5} (G a_{1-j} A l_j)_{0.5} P$ という表記は、G a A s 基板とはほぼ格子整合する I n G a A l P 系材料を意味し、これには $I n_b (G a_{1-j} A l_j)_{1-b} P$ ($0.45 \leq b < 0.55$) も含むものとする。また、本明細書で、該等しい組成の I n G a A l P という場合は、有効数字を小数点以下第 1 位までとして算出した組成が一致している I n G a A l P を意味するものとする。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照にしつつ、本発明の実施の形態の多波長集積化半導体レーザー装置および半導体レーザー素子について説明する。本発明の実施の形態の特徴の 1 つは、図 1 から分かるように、リッジ部分 28 C、28 D の切断面の形状を、上辺の幅が下辺の幅の 70 % 以上になる形状にし、側辺が垂直に近くなる形状にした点である。これにより、6 mW 程度の高出力まで自励発振を得ることができ、3 ~ 6 mW 程度の広い出力領域で自励発振を得ることができる。以下では、図 1 ~ 図 5 を参照にして、3 つの実施の形態について説明する。

【0021】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態の 2 波長集積化半導体レーザー装置 B の断面図である。この 2 波長集積化半導体レーザー装置 B は、活性層 3 が A l G a A s 系材料からなる図中左側の A l G a A s 系の半導体レーザー素子 C と、活性層 24 が I n G a A l P 系材料からなる図中右側の I n G a A l P 系の半導体レーザー素子 D と、を備える。図中左側の A l G a A s 系の半導体レーザー素子 C は C D 用の素子、図中右側の I n G a A l P 系の半導体レーザー素子 D は D V D 用の素子、である。C D 用の素子 C は 800 nm 帯のレーザー素子であり、D V D 用の素子 D は、650 nm 帯のレーザー素子である。なお、780 nm 帯のレーザー素子とは波長が約 770 nm ~ 790 nm のレーザー光を放射する素子であり、650 nm 帯のレーザー素子とは波長が約 630 nm ~ 700 nm のレーザー光を放射する素子である。

【0022】

図中左側のCD用のレーザ素子Cは、n型（第1導電型）GaAs基板1上に、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなるn型クラッド層12、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}$ からなる厚さ50nmの単層の活性層3、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる厚さ $0.35\mu\text{m}$ の第1のp型（第2導電型）クラッド層14、 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層15、が順次形成されている。このエッチングストップ層15上の一部には、第1方向に沿って $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなるリッジ状（帯状）の第2のp型クラッド層（リッジ部分）28Cが形成されている（図4参照）。図1は、第1方向と垂直な方向における切断面である。このリッジ部分28Cは、図1に示すように、切断面における形状が、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ側辺とを有し、上辺の幅が下辺の幅よりも狭く、側辺が上辺側から下辺側に向けて外側に広がるように立ち下がる形状である（図3（a）参照）。側辺は、上側の側辺部Uでは下辺との角度が約 80° であるが、下側の側辺部Dでは下辺との角度が 80° 未満となっている。つまり、側辺は、下側で広がる形状になっている。このリッジ部分28Cは、活性層3に有効に光を閉じ込めるために、厚さを $1\mu\text{m}$ 設けている。このリッジ部分28Cの両側には、n型の InAlP からなる電流阻止層31Cが形成されている。この電流阻止層31Cおよびリッジ部分28Cの上には、GaAsからなるp型コンタクト層35Cが形成される。

【0023】

一方、図中右側のDVD用のレーザ素子は、同一のn型GaAs基板1上に、n型GaAsからなるバッファ層21、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなるn型クラッド層22、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ からなるn側ガイド層23、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ （ $0 \leq u \leq 0.2$ ）を含む活性層24、が順次形成されている。この活性層24は、より詳しくは、厚さ6nmの InGaP からなる井戸層と、厚さ6nmの InGaAlP からなるバリア層と、を交互に7回積層したMQW（Multiple Quantum Well）構造である。この活性層24上には、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる厚さ $0.35\mu\text{m}$ の第1のp型ク

ラッド層 26、p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層 27、が順次形成されている。このエッチングストップ層 27 上には、第 2 の p 型クラッド層（リッジ部分）28D が形成されている。このリッジ部分 28D は、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 C のリッジ部分 28C と該等しい組成の InGaAlP 系材料、つまり $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる。このリッジ部分 28D の形状は、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 C のリッジ部分 28C と同一である。また、電流阻止層 31D、p 型コンタクト層 35D、は図中左側の CD 用のレーザ素子 C と共通である。この図中右側の素子 D と、図中左側の素子 C と、の間には分離溝 43 が形成されている。

【0024】

図 1 の装置 B の図中左側の素子 C では、図中下側の n 側電極 41 と、図中上側の p 側電極 42 と、から活性層 3 に電流が注入される。このうち、p 側電極 42 からの電流は、電流阻止層 31C を流れず、リッジ部分 28C に集められる。このため、p 側電極 42 からの電流は、リッジ部分 28C 直下の活性層 3 に集中して注入される。この電流注入により、リッジ部分 28C 直下の活性層 3 から波長 780 nm の光が放射される。この光は増幅されてレーザ光となり、波長 780 nm のレーザ光が紙面と垂直方向に放射される。図中右側の素子 D から、同様に、リッジ部分 28D 直下の活性層 24 の付近から、波長 650 nm のレーザ光が紙面と垂直方向に放射される。なお、図 1 の素子 C の基板 1 の厚さはおよそ百 μm 、積層体 12～35C の厚さは数 μm 、であるが、図 1 の素子 C、D および装置 B では、説明をしやすくするため、縮尺を変えて示している。

【0025】

図 1 の半導体レーザ装置 B の特徴の 1 つは、上辺の幅が狭く下辺の幅が広いリッジ部分 28C、28D において、下辺の幅を 4.0 μm としたのに対し上辺の幅を 3.2 μm とし、下辺の幅に対する上辺の幅の比率を 80.0% と高くした点である。また、リッジ部分 28C、28D の側辺と、下辺と、の角度を上側辺部 U で約 80° とし、垂直に近くした点である（図 3（a）参照）。後述のように、下側辺部 D はウェットエッチングで形成されるのに対し、この上側辺部 U

はドライエッチングにより形成される。なお、リッジ部分 28C、28Dの厚さ（高さ）は、 $1\mu\text{m}$ である。図1の装置では、このようにリッジ部分 28C、28Dの下辺の幅に対する上辺の幅の割合を大きくしたので、6mWの高出力まで自励発振を得ることができる。また、下限も、素子によるばらつきがあるが、3mW程度から自励発振が得られる。従って、3～6mW程度の広い出力領域で、自励発振を得ることができる。

【0026】

このように広い出力領域で自励発振を得ることができる理由について、本発明者は、以下のように考えている。すなわち、図1の装置では、リッジ部分 28C、28Dの上辺の幅を $3.2\mu\text{m}$ と広げ、リッジ部分 28C、28Dの側辺を垂直に近づけている。このため、p側電極 42から注入された電流は、リッジ部分 28C、28Dの全体に広がって流れ、利得がリッジ部分 28C、28Dの下部の全体に広がる。これにより、活性層 3、24において、利得が高い部分の面積が増加し、吸収が起こる部分の面積は減少する。もっとも、利得が広い領域に分散するため、利得のピーク強度は大幅に抑制される。このように利得のピーク強度が抑制されると、電流阻止層 31C、31Dの直下の部分の活性層 3、24の吸収の効果が相対的に大きくなる。そして、前述のように、吸収の効果が起こりやすくなるほど、自励発振が起こりやすくなる。この結果、広い出力領域で自励発振を得ることができると考えている。

【0027】

しかしながら、自励発振レーザにおいて、リッジ部分 28C、28Dの下辺の幅に対する上辺の幅の比率を高くして、リッジ部分 28C、28Dの上辺の幅を広くすることは、通常の技術者にとって思いもよらないことである。なぜなら、従来は、リッジ部分 28C、28Dの上辺の幅を広くすれば、利得が高くなる部分の活性層 3、24の面積が増えて、自励発振が起こりにくくなると考えられていたからである。また、リッジ部分 28C、28Dの上辺の幅を広くすると、ウェットエッチングではなくドライエッチングによりリッジ部分 28C、28Dを形成することになり、リッジ部分 28C、28Dの結晶性が低下してしまうからである。しかし、本発明者は、従来の技術常識に反し、リッジ部分 28C、28

Dの上辺の幅を広くすることで、自励発振が起こりやすくなることを独自に知得した。これは、利得が高くなる部分の活性層 3、24 の面積が増えるというデメリットよりも、利得のピーク強度が弱くなるというメリットが大きくなって、電流阻止層 31C、31D の直下における活性層 3、24 の吸収の効果が相対的に大きくなるからであると解析される。また、リッジ部分 28C、28D の結晶性が低下してしまうというデメリットよりも、上記のメリットの方が大きくなるからであると解析される。

【0028】

また、図1の装置では、上記のようにリッジ部分の 28C、28D の結晶性はやや低下するが、動作電圧は従来と同程度に維持することができる。これは、リッジ部分の 28C、28D の上辺の幅が広いので、リッジ部分 28C、28D とコンタクト層 35C、35D との接触面積が増え、リッジ部分に電流が流れやすくなるからであると解析される。

【0029】

また、図1の装置では、寿命も従来と同程度に維持することができる。これは、リッジ部分 28C、28D の上辺の幅が広いので、リッジ部分 28C、28D の単位面積あたりに流れる電流量が減少し、単位面積あたりにかかる負荷が減少するからであるからであると解析される。

【0030】

また、図1の半導体レーザ装置Bでは、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子Cにおいて、リッジ部分 28C の材質を、図中右側の InGaAlP 系の半導体レーザ素子Dのリッジ部分 28D と該等しい $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ としている。また、電流阻止層 31C および p 型コンタクト層 35C も、図中右側の InGaAlP 系の半導体レーザ素子Dと共通にしている。このためリッジ部分 28C、28D の形成以降の工程、つまり、リッジ部分 28C、28D、電流阻止層 31C、31D、および p 型コンタクト層 35C、35D の形成工程を、左右の素子C、Dで同時に行うことができる。これにより、製造工程を簡略化し、生産性や歩留まりを高くすることができる。

【0031】

これに対し、従来の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 C では、リッジ部分 5 に、 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 等の AlGaAs 系材料を用いていた（図 6）。これは、リッジ部分 5 に図 1 のような高 Al 組成の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ を用いると、リッジ部分 5 と活性層 3 とのバンドギャップ差および屈折率差が大きくなりすぎて、モードが不安定になり、自励発振が起こりにくくなると考えられていたからである。しかしながら、図 1 の素子 C では、上記のように良好な自励発振が得られた。これは、上述したリッジ部分 28C の上辺の幅を広くする効果が大きいからであると解析される。

【0032】

また、図 1 の装置 B では、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 C において、活性層 3 を 50 nm と厚くしたので、導波モードを活性層 3 に閉じ込め、活性層 3 での吸収を起こりやすくして、自励発振を起こりやすくすることができる。また、図 1 の装置 B では、図中右側の InGaAlP 系の半導体レーザ素子 D において、活性層 24 の井戸層の合計の厚さを 36 nm と厚くしたので、導波モードを活性層 24 に閉じ込め、活性層 24 での吸収を起こりやすくして、自励発振を起こりやすくすることができる。

【0033】

次に、図 1 の装置 B のリッジ部分 28C、28D の形状について検討する。すなわち、図 1 の装置 B では、リッジ部分 28C、28D を、厚さ $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 、下辺の幅 $4.0\text{ }\mu\text{m}$ 、上辺の幅 $3.2\text{ }\mu\text{m}$ としたが、これを他の形状にすることもできるので、その形状について検討する。

【0034】

図 2 は、図 1 の装置 B の左側の素子 C において、リッジ部分 28C の下辺の幅が $4.0\text{ }\mu\text{m}$ 、厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ のときに上辺の幅を変化させ、自励発振が起こるかどうかをシミュレーションおよび実験した結果を示す図である。横軸はリッジ部分 28C の下辺の幅に対する上辺の幅の比率を、縦軸は活性層 3 から放射されるレーザ光の光出力を、それぞれ示している。図 2 から、リッジ部分 28C の上辺の幅を下辺の幅の 70% 以上 100% 以下にすると、 5 mW の出力で自励発振が得られることが分かる。そして、リッジ部分 28C の上辺の幅を下辺の幅の 70

%以上100%以下にすれば、自励発振が起こりやすくなることが分かる。なお、上辺の幅を下辺の幅の100%としたサンプルでは、側辺をほぼ垂直にした。

【0035】

次に、本発明者は、リッジ部分28Cの上辺の幅を下辺の幅の70%以上100%以下にして、リッジ部分28Cの下辺の幅を変化させた。その結果、下辺の幅を3.0 μm 以上にすると、自励発振が起こりやすくなった。これは、下辺の幅を3.0 μm 未満にすると、電流が活性層3の中央部に集中され、本発明の効果が得にくくなるからであると解析される。また、下辺の幅が5.0 μm 以下の範囲であれば、高次モードの発生が起こりにくく、良好な結果が得られた。つまり、従来の半導体レーザ素子（図6）よりも、高次モードの発生が起こりにくかった。この理由は、リッジ部分28Cの上辺の幅を下辺の幅の70%以上にすると、リッジ部分28Cの下側において全体に均一に電流が流れ、高次モードが起こりにくくなるからであると解析される。もっとも、下辺の幅を5.0 μm よりも大きくすると、高次モードが発生し易くなった。以上から、下辺の幅が3.0 μm 以上、好ましくは3.0 μm 以上5.0 μm 以下であれば、良好な結果が得られることが分かった。

【0036】

次に、本発明者は、リッジ部分28Cの厚さを変えて実験を行ったところ、厚さが0.7 μm 以上1.4 μm 以下で良好な結果が得られた。

【0037】

また、本発明者は、図1の装置Bの右側の素子Dにおいて、同様に、リッジ部分28Dの形状を変化させて実験を行ったところ、左側の素子Cとはほぼ同様の結果が得られた。

【0038】

以上から、図1の装置Bのそれぞれの素子C、Dでは、リッジ部分28C、28Dの形状として、上辺の幅が下辺の幅の70%以上100%以下、下辺の幅が3.0以上5.0 μm 以下、厚さが0.7 μm 以上1.4 μm 以下、となるようにすると良好な結果が得られることが分かった。

【0039】

以上説明した図 1 のレーザ装置 B では、リッジ部分 2 8 C、2 8 D の切断面を、上辺の幅が下辺の幅よりも狭く、側辺が上辺から下辺まで外側に広がるように立ち下がる形状にした場合（図 3（a））、または上辺の幅が下辺の幅と等しく側辺が上辺側から下辺側に向けてほぼ垂直に立ち下がる形状にした場合、について説明した。そして、上辺の幅を下辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 以下とすることで自励発振が起こる出力範囲が広くなることを説明した。しかし、切断面を、図 3（b）に示すように、上辺の幅が下辺の幅よりも狭く、側辺が、上辺から下辺側に向けてほぼ垂直に立ち下がる上側辺部 U と、この上側辺部 U から下辺に向かう下側辺部 D と、を有し、上辺の幅が下辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 未満である形状、にすることもできる。また、切断面を、図 3（c）に示すように、上辺の幅が下辺の幅よりも狭く、側辺が、上辺から下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部 U と、この上側辺部 U から下辺に向かう下側辺部 D と、を有し、最小幅が下辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 未満である形状、にすることもできる。また、切断面を、図 3（d）に示すように、上辺の幅が下辺の幅よりも広く、側辺が上辺から下辺まで内側に狭まるように立ち下がり、下辺の幅が上辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 未満である形状、にすることもできる。また、切断面を、図 3（e）に示すように、上辺の幅が下辺の幅よりも狭く、側辺が、上辺から下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部 U と、この上側辺部から下辺に向かう下側辺部 D と、を有し、最小幅が前記上辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 未満である形状、にすることもできる。また、切断面を、図 3（f）に示すように、上辺の幅と下辺の幅とが等しく、側辺が、上辺から下辺側に向けて内側に狭まるように立ち下がる上側辺部 U と、この上側辺部から下辺に向かう下側辺部 D と、を有し、最小幅が前記下辺および前記上辺の幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 未満である形状、にすることもできる。以上のいずれの場合にも、下辺の幅が $3.0\ \mu\text{m}$ 以上、好ましくは $3.0\ \mu\text{m}$ 以上 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下、となるようにすると良好な結果が得られる。また、以上のいずれの場合にも、後述の製造方法の観点から、リッジ部分 2 8 C、2 8 D の上側辺部 U と下辺との角度が 70° 以上 100° 以下となるようにすると、良好な結果が得られる。

【0 0 4 0】

また、図1のレーザ装置Bでは、図中左側のAlGaAs系の半導体レーザ素子Cにおいて、活性層3として、厚さ50nmの $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}$ からなる単層のものをを用いた。しかし、この活性層3を、厚さ20nm以上60nm以下の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) からなる単層のものとすることができる。この構造にすれば、自励発振が起こりやすくなる。また、活性層3を、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 0.2$) を含むものとすることもできる。

【0041】

また、図1のレーザ装置Bでは、図中右側のInGaAlP系の半導体レーザ素子Dにおいて、活性層24として、厚さ6nmのInGaPからなる井戸層と、厚さ6nmのInGaAlPからなるバリア層と、を交互に7回積層した多重量子井戸(MQW)構造のものをを用いた。しかし、この活性層24を、厚さ4nm以上8nm以下の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) からなる井戸層と、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-v}\text{Al}_v)_{0.5}\text{P}$ ($0.2 < v \leq 0.6$) からなる障壁層と、を交互に5回以上9回以下積層した多重量子井戸構造のものとすることもできる。この構造にすれば、自励発振が起こりやすくなる。また、活性層24を、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq u \leq 0.2$) を含むものとすることもできる。

【0042】

また、図1のレーザ装置Bでは、第1のp型クラッド層14、26の厚さを0.35nmとしたが、これを0.15 μm 以上0.45 μm 以下、好ましくは0.30 μm 以上0.40 μm 以下とすることもできる。第1のp型クラッド層14、26を薄くしすぎると、横高次モードの発生確率が高くなる。また、厚くしすぎると、横方向への電流拡がりが増加し、閾値電圧が上昇しやすくなる。

【0043】

また、図1のレーザ装置Bでは、第1のp型クラッド層14、26を $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ としたが、これを $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-t}\text{Al}_t)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq t \leq 1$) とすることもできる。

【0044】

また、図1のレーザ装置Bでは、帯状の第2の第2導電型クラッド層28C、28Dを $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ としたが、これを $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 \leq x \leq 1$) とすることもできる。

【0045】

また、図1のレーザ装置Bでは、電流阻止層31C、31Dを $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ としたが、これを $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-w}\text{Al}_w)_{0.5}\text{P}$ ($0.7 \leq w \leq 1.0$) とすることもできる。

【0046】

次に、図1の半導体レーザ装置Bの製造方法について説明する。図1の装置Bの特徴の1つは、リッジ部分28C、28Dの形成に、ドライエッチングを用いた点である。また、リッジ部分28C、28Dの材質が左右の素子で同じであるので、このリッジ部分28C、28Dの形成以降の工程を同時に行うことができる点である。

【0047】

(1) まず、n型GaAs基板1上に、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなるn型クラッド層12、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}$ からなる活性層3、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる第1のp型クラッド層14、 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層15、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる第2のp型クラッド層28C' (後述のエッチングによりリッジ部分28Cになる)、を順次成長する。

【0048】

(2) 次に、上面の全面に酸化膜を形成し、図1中の右半分の部分の酸化膜を除去し、n型GaAs基板1の途中に達するまで、図中点線で区切られた部分を、エッチングする。次に、エッチングした部分に、2回目の結晶成長により、 InGaAlP 系材料からなる積層体21~27および $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる厚さ $1\mu\text{m}$ の第2のp型クラッド層28D' (後述のエッチングによりリッジ部分28Dになる) を成長する。

【0049】

(3) 次に、左側、右側それぞれの第2のp型クラッド層28C'、28D'上

にストライプ状（帯状）の酸化膜を設ける。

【0050】

（４）次に、この酸化膜をマスクとして、第２のｐ型クラッド層 28C'、28D'をエッチングして、帯状の第２のｐ型クラッド層（リッジ部分）28C、28Dを形成する。より詳しくは、図３（a）から分かるように、リッジ部分28C、28Dの上側部分Aの上側辺部Uはドライエッチングにより形成し、下側部分Bの下側辺部Dはウェットエッチングにより形成する。すなわち、ドライエッチングでは、第２のｐ型クラッド層28C'、28D'のエッチングの際に、深さ方向のエッチングをエッチングストップ層15、27上で高精度に停止させることが難しい。これに対し、ウェットエッチングでは、第２のｐ型クラッド層28C'、28D'と、エッチングストップ層15、27と、のエッチング速度の差を利用して、エッチングストップ層15、27上で高精度にエッチングを停止させることができる。そこで、ドライエッチングとウェットエッチングを兼用し、下側部分Bをウェットエッチングにより形成することで、エッチングの深さの精度を高めることができる。

【0051】

（５）次に、リッジ部分28C、28Dの両側をｎ型InAlPからなる電流阻止層31C、31Dで埋め込む。その後、上述のストライプ状の酸化膜を除去してから、リッジ部分28C、28Dおよび電流阻止層31C、31D上に、GaAsコンタクト層35C、35Dを成長する。

【0052】

（６）次に、ｐ側電極42、ｎ側電極41を形成した後、RIE（Reactive Ion Etching）等により分離溝43を形成し、所望の２波長集積化半導体レーザ装置を得ることができる。

【0053】

以上説明した図１の半導体レーザ装置Bの製造方法では、図中左右の素子C、Dにおいて、リッジ部分28C、28Dの組成が等しいので、リッジ部分28C、28Dの形成を同時に行うことができる。これにより、製造工程を簡略化し、生産性や歩留まりを高くすることができる。

【0054】

また、図1の半導体レーザ素子C、Dの製造方法では、リッジ部分28C、28Dの上側部分Aの形成にドライエッチングを用いたので、リッジ部分28C、28Dの側辺を垂直に近い形状に加工することができる。これにより、上辺の幅が下辺の幅の70%以上になる形状に加工することができる。

【0055】

以上説明した半導体レーザ素子の製造方法では、図3(a)に示す形状のリッジ部分28C、28Dを形成する場合について説明したが、図3(b)～図3(f)に示す形状のリッジ部分28C、28Dも同様の方法で形成することができる。ただし、最小幅を最大幅の70%以上にするために、ドライエッチングにより加工する上側部分Aは、リッジ部分28C、28Dの上側の60%以上とすることが好ましい。また、ドライエッチングの加工精度の観点から、リッジ部分28C、28Dにおいて、上側部分Aの上側辺部Uと、下辺と、の角度は70°以上100°以下とすることが好ましい。

【0056】

(第2の実施の形態)

図4は、本発明の第2の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置Bを示す断面図である。第1の実施の形態(図1)の装置と異なる点は、リッジ部分28C、28Dを挟んでその両側にSiO₂からなる誘電体絶縁膜29C、29Dを形成した点、および、GaAsコンタクト層35C、35Dをリッジ部分28C、28D上に帯状に形成した点、である。誘電体絶縁膜29C、29DおよびGaAsコンタクト層35C、35Cの材質は、左右の素子C、Dで同じである。

【0057】

SiO₂からなる誘電体絶縁膜29C、29Dは、InAlPより屈折率が低いため導波モードが広がりにくくなるが、第1のp型クラッド層14および26の層厚を制御することにより、導波モードを広げて自励発振させることができる。

【0058】

(第3の実施の形態)

図5は、本発明の第3の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置Bを示す斜視図である。第2の実施の形態の装置（図4）と異なる点は、手前側の端面Eから奥側の端面Fまで帯状に形成された帯状の第2の第2導電型半導体層28C、28DおよびGaAsコンタクト層を、中央部分が広く、端面近傍が狭くなるように形成した点である。図5のように帯状の第2の第2導電型半導体層28C、28Dの中央部分を広くすることで、端面近傍での横方向の導波モードを狭くし、放射されるレーザ光の横方向の放射角度を広げることができる。なお、帯状の第2の第2導電型半導体層28C、28Dの中央部分の幅を $5.0\mu\text{m}$ より広くしても、端面近傍の幅を $5.0\mu\text{m}$ 以下とすれば、高次モードが発生しやすくなることはない。

【0059】

【発明の効果】

本発明によれば、活性層と、この活性層上に形成された第1の第2導電型クラッド層と、この第1の第2導電型クラッド層上に帯状に形成された帯状の第2の第2導電型クラッド層と、を備え所定の出力領域で自励発振を行う半導体レーザ素子において、切断面における前記帯状の第2の第2導電型クラッド層の形状を、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ2つの側辺とを有し最小幅が最大幅の70%以上100%以下の形状にしたので、広い出力領域で自励発振を行う半導体レーザ素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置を示す断面図。

【図2】

本発明の第1の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置Bの半導体レーザ素子Cの、リッジ部分28Cの下辺の幅に対する上辺の幅の比率と、活性層3から放射されるレーザ光の光出力と、の関係を示す図。

【図3】

リッジ部分28C、28Dの形状を示す図。

【図4】

本発明の第2の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置を示す断面図。

【図5】

本発明の第3の実施の形態の2波長集積化半導体レーザ装置を示す斜視図。

【図6】

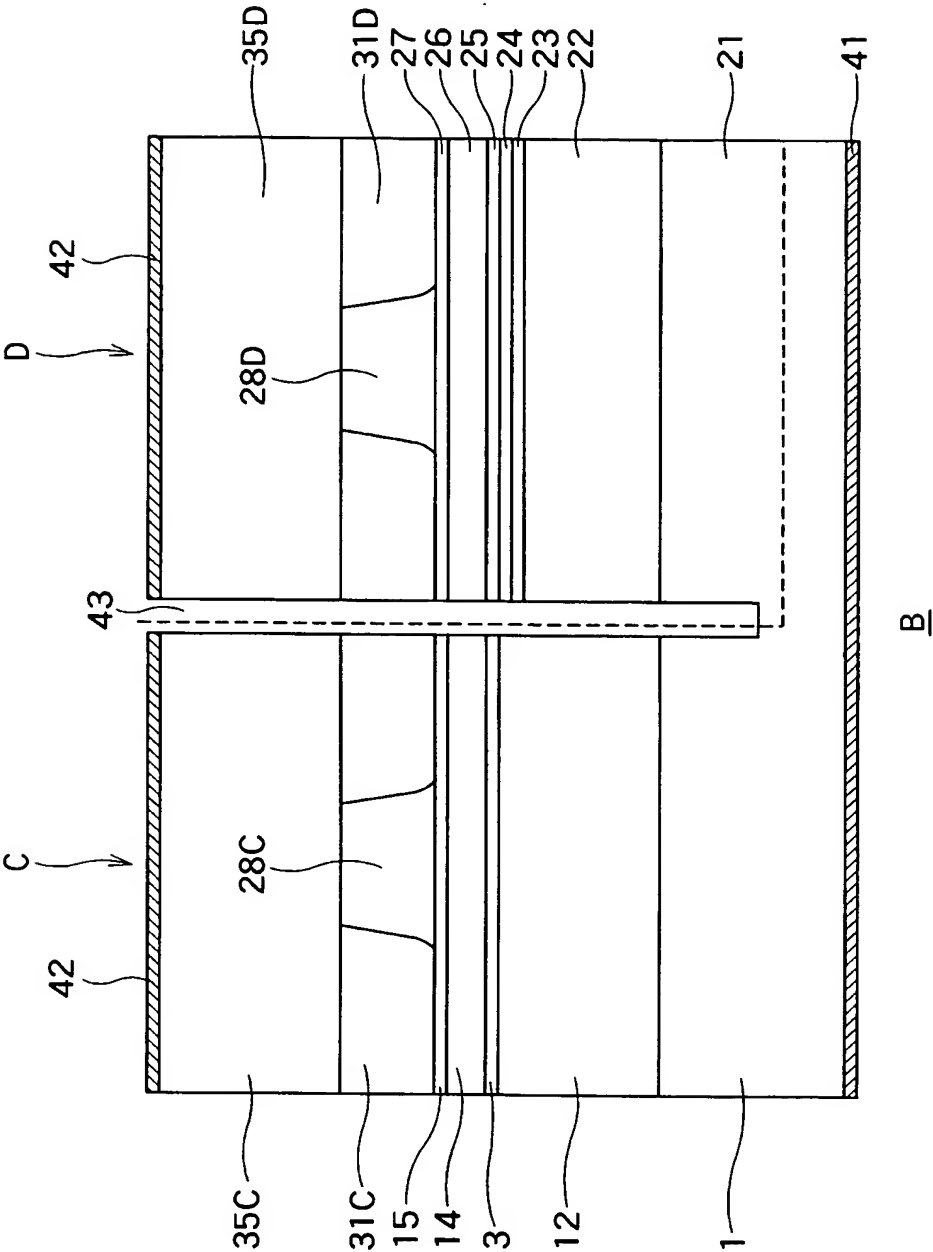
従来の2波長集積化半導体レーザ装置を示す断面図。

【符号の説明】

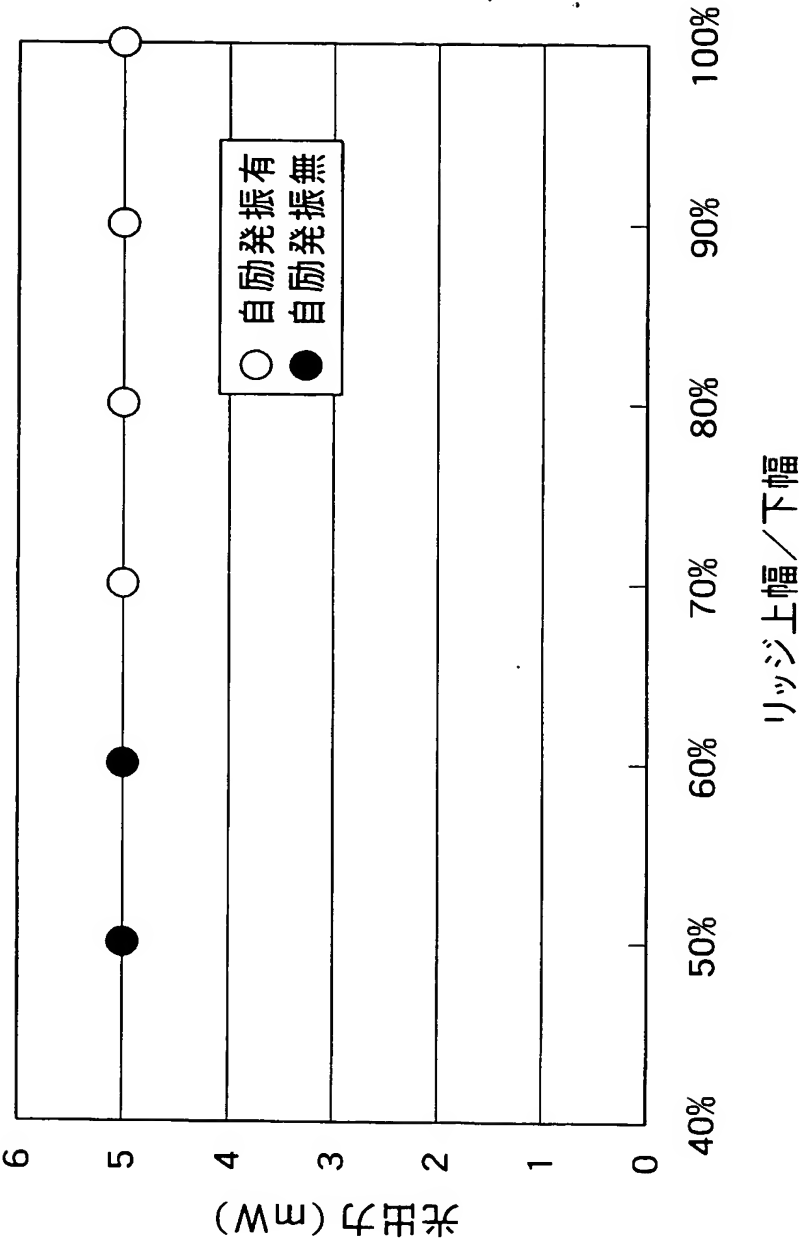
- 1 基板
- 12 InGaAlPからなるn型（第1導電型）クラッド層
- 3 AlGaAsからなる活性層
- 14 InGaAlPからなる第1のp型（第2導電型）クラッド層
- 22 InGaAlPからなるn型クラッド層
- 24 InGaAlPを含む活性層
- 26 InGaAlPからなる第1のp型クラッド層
- 28C InGaAlPからなる帯状の第2のp型クラッド層
- 28D InGaAlPからなる帯状の第2のp型クラッド層
- 29C SiO₂からなる誘電体絶縁膜
- 29D SiO₂からなる誘電体絶縁膜
- 31C InAlPからなる電流阻止層
- 31D InAlPからなる電流阻止層
- A リッジ部分の上側部分
- B リッジ部分の下側部分
- U リッジ部分の下側辺部
- D リッジ部分の上側辺部

【書類名】 図面

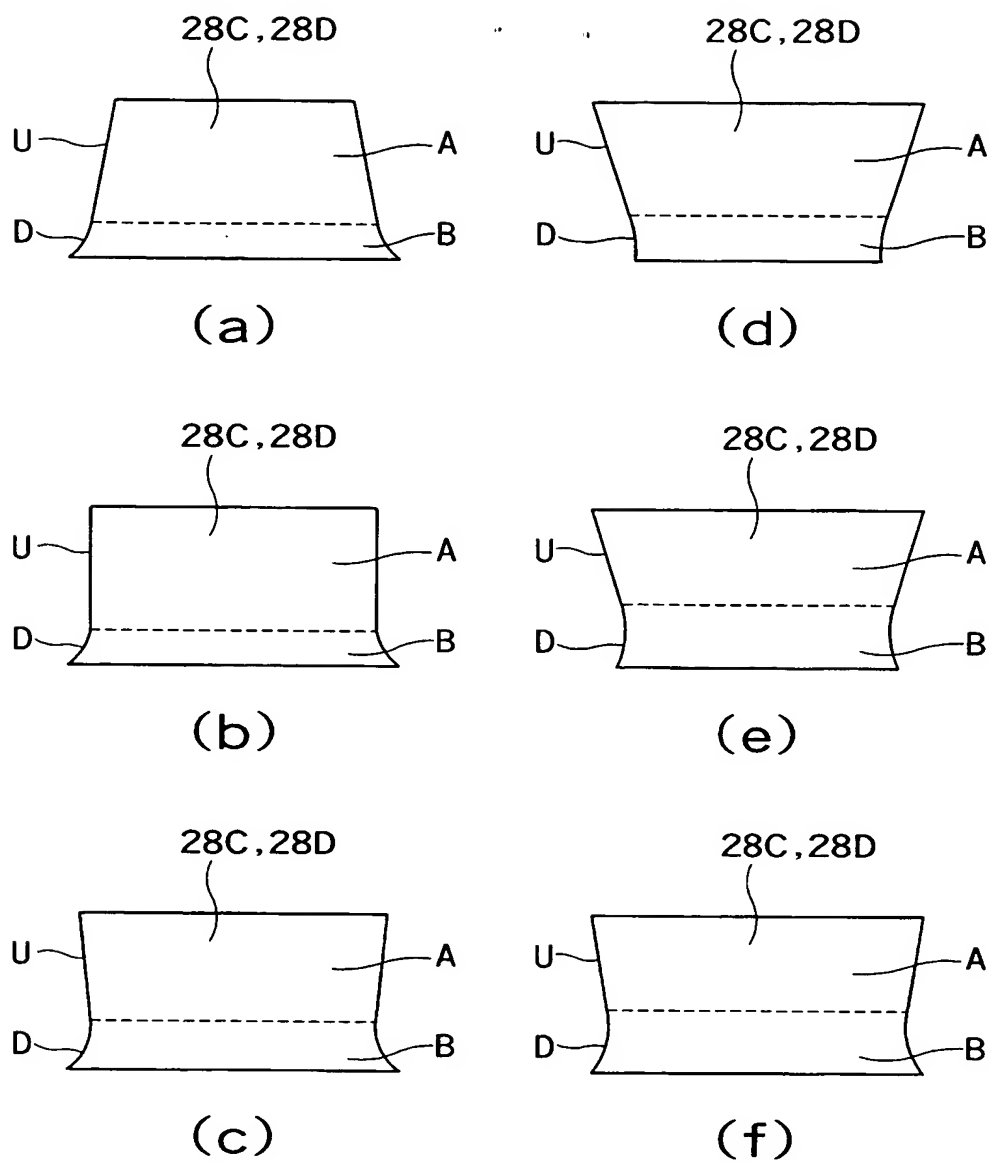
【図 1】



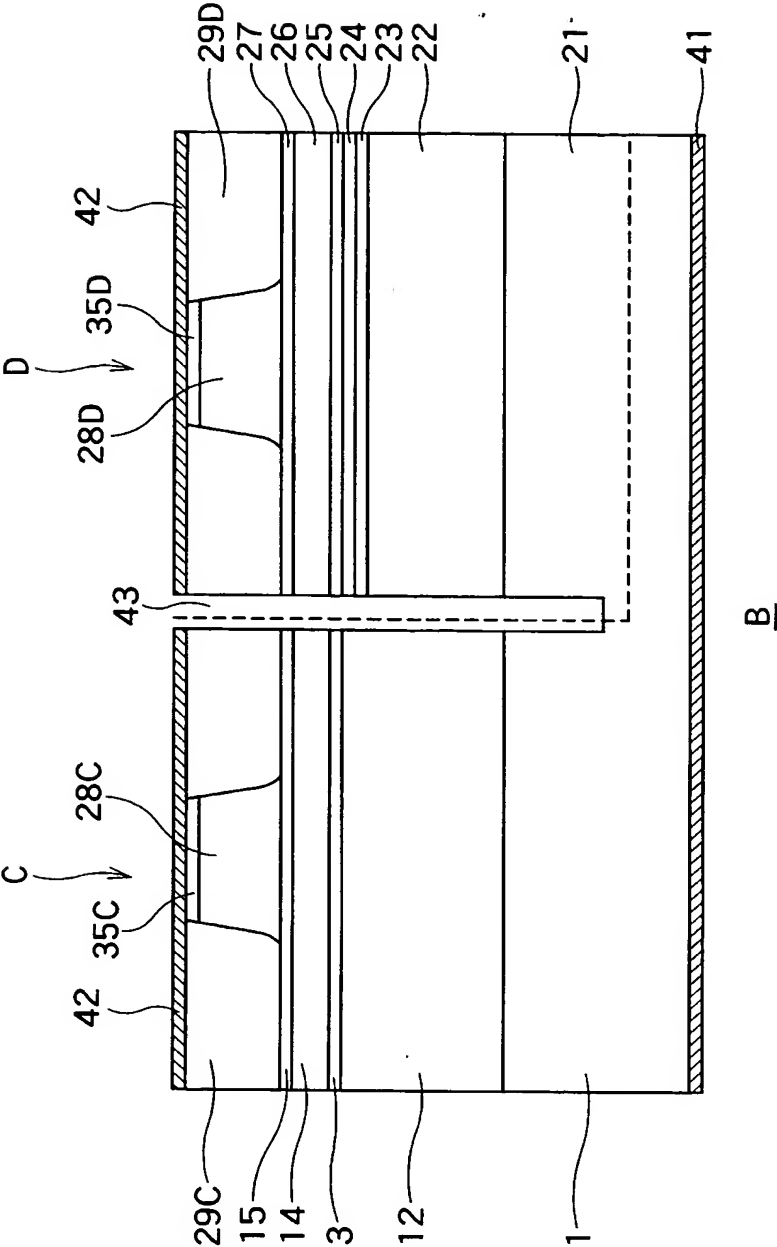
【図 2】



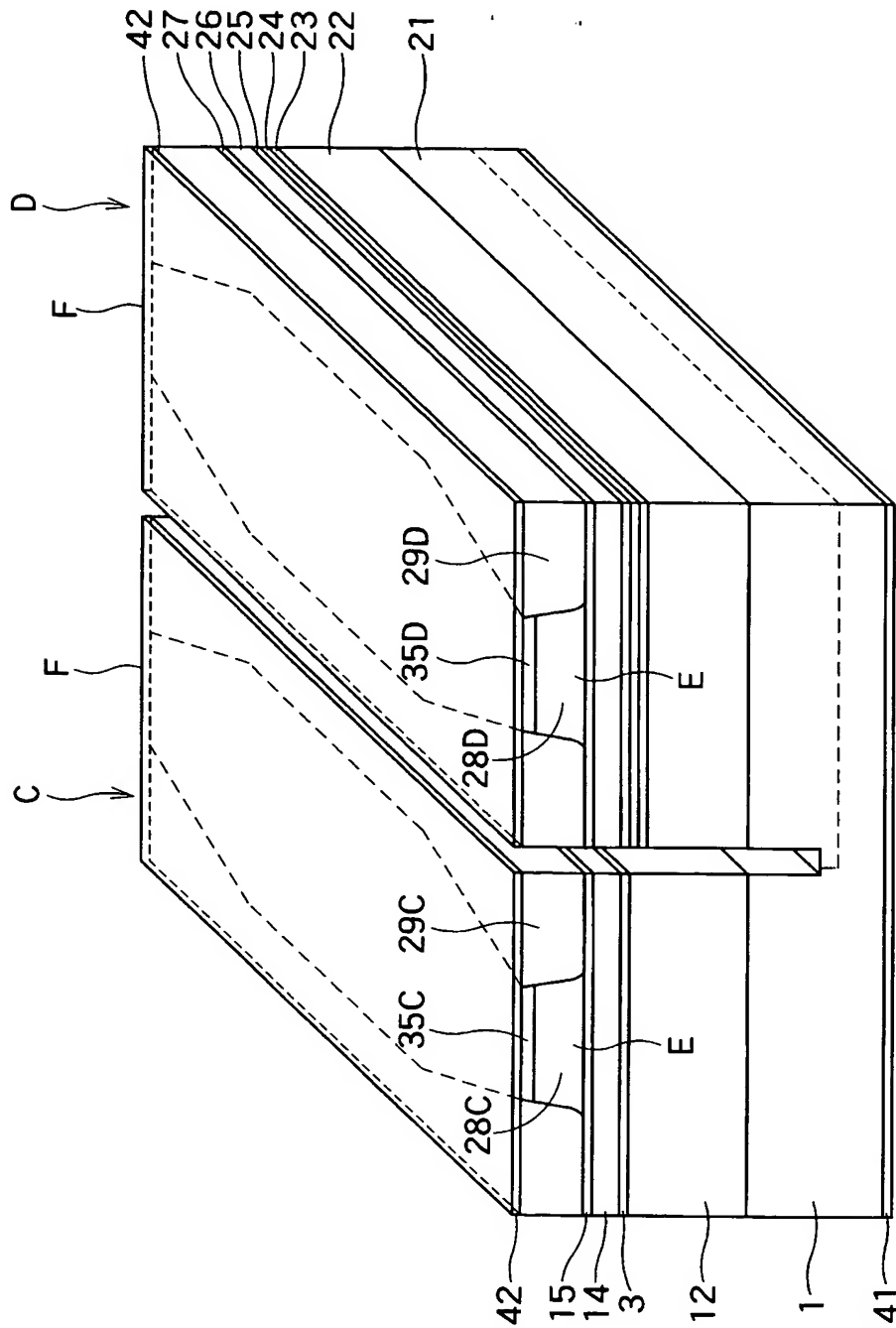
【図 3】



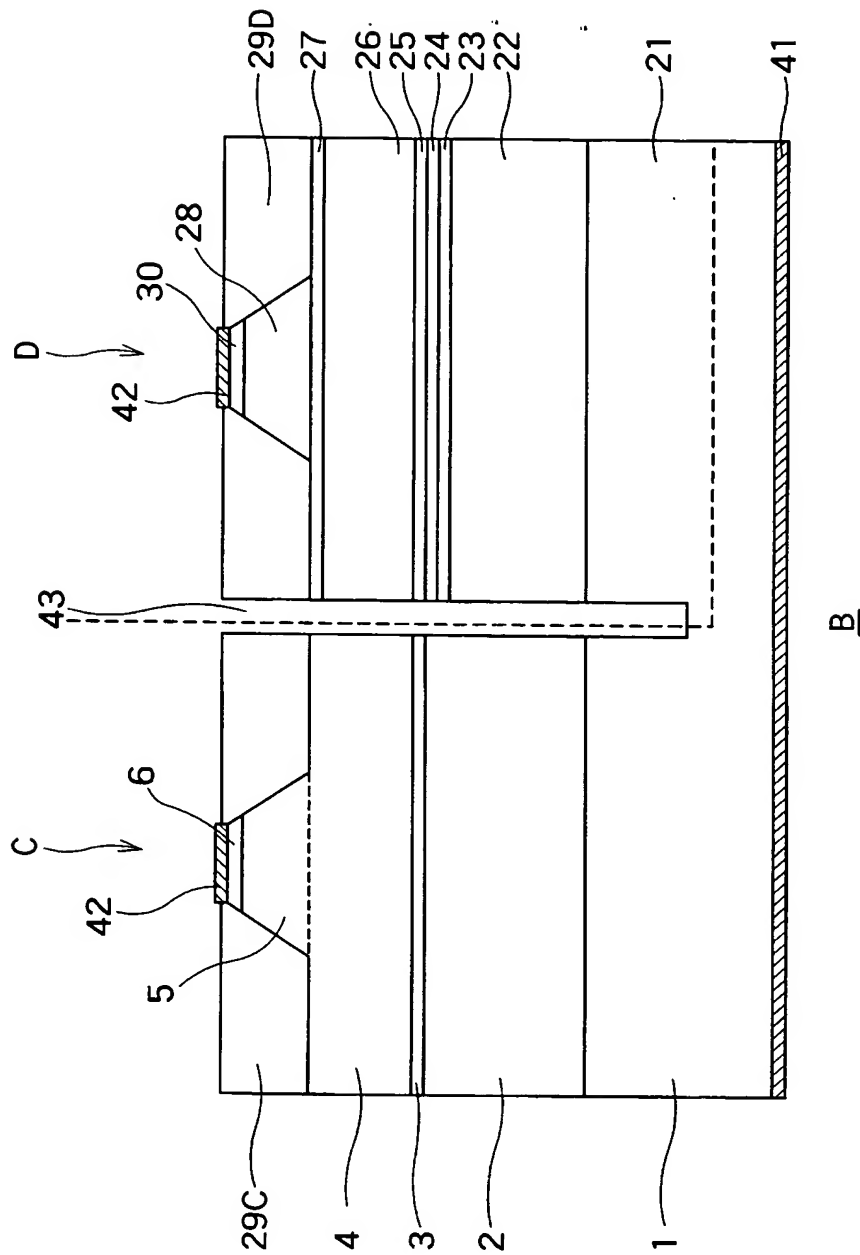
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高出力まで自励発振が得られ、広い出力範囲で自励発振が得られる半導体レーザ素子、その製造方法、および多波長集積化半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 基板と、前記基板上に形成された第 1 導電型クラッド層と、前記第 1 導電型クラッド層上に形成され電流注入により光を放射する活性層と、前記活性層上に形成された第 1 の第 2 導電型クラッド層と、前記第 1 の第 2 導電型クラッド層上に第 1 方向に沿って形成された帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層であって、前記第 1 方向と垂直な方向における切断面は、互いに向き合う上辺および下辺とそれらを結ぶ 2 つの側辺とを有し最小幅が最大幅の 7 0 % 以上 1 0 0 % 以下の形状、である帯状の第 2 の第 2 導電型クラッド層と、を備え、所定の出力領域で自励発振を行うことを特徴とする半導体レーザ素子を提供する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 9 0 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名 株式会社東芝